Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 1, Apr. May. 2017, p. 155- 166

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۶ ص.۱۶۶-۱۵۵

کاربرد پس از برداشت نانو کربنات کلسیم بر فعالیت آنزیمی و برخی خصوصیات کیفی در سیب تازه بریده رقم 'گلدن دلیشز'

محمد رضا اصغری[۱]*، راحله جمی[۲]، علیرضا فرخزاد نانساء[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۲۸

چکیده

با توجه به حساس بودن برش‌های تازه میوه به عوامل ایجاد ضایعات استفاده از روش‌های تکمیلی برای نگهداری آنها ضروری می‌باشد و برای این منظور استفاده از فناوری‌های نوین در نگهداری این محصولات، اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. نظر به نقش کلسیم در استحکام بافت و حفظ کیفیت میوه‌های تازه بریده شده، این پژوهش با هدف بررسی اثر نانو کربنات کلسیم در حفظ کیفیت میوه‌های تازه بریده شده سیب زرد لبنانی طی مدت نگهداری، انجام شد. میوه سیب پس از برداشت و آماده‌سازی با نانوکربنات کلسیم، پوشش‌دهی و به‌همراه نمونه‌های شاهد در دمای ۰/۵±۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد به مدت ۲۰ روز نگهداری شد. هر ۱۰ روز یک بار و در طول مدت نگهداری فعالیت‌های آنزیمی (کاتالاز و پلی‌فنل‌اکسیداز)، آنتی‌اکسیدان کل و برخی خصوصیات کیفی ویتامین ث و افت وزن مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که پوشش‌دهی میوه‌های تازه بریده سیب با نانو کربنات کلسیم باعث کاهش فعالیت‌های آنزیمی مخرب در سطح احتمال ۱ درصد شد. بطوری که در مقایسه با نمونه‌ی شاهد در نمونه‌های تیمار شده میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز کاهش یافت، همچنین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان آنزیم کاتالاز در میوه‌های پوشش داده شده در مقایسه با نمونه های شاهد در طی مدت نگهداری در سردخانه بیشتر بود. از بین تیمارهای مورد استفاده، تیمار بعد برش با غلظت ۰/۱ درصد بیشترین تاثیر را در حفظ ویتامین ث با مقدار۶/۹۴ میلی‌گرم اسید آسکوربیک و درصد کاهش وزن با مقدار ۲/۰۱ درصد در طی مدت نگهداری نشان داد. پوشش‌دهی میوه تازه بریده سیب با نانو کربنات کلسیم می‌تواند به‌عنوان روشی کارا در افزایش ماندگاری میوه سیب در سردخانه و حفظ بهتر کیفیت این میوه سلامتی بخش معرفی شود.

واژه‌های کلیدی: سیب، نانو کربنات کلسیم، برش تازه میوه، پوشش‌دهی و فعالیت آنزیمی

مقدمه

امروزه به دلیل ماشینی‌شدن زندگی مصرف‌کنندگان نیازمند مواد غذایی هستند که زمان کمی برای آماده‌سازی آنها نیاز باشد، به همین دلیل صنعت میوه‌ها و سبزی‌های تازه بریده به سرعت در جهان در حال رشد است. میوه‌ها و سبزی‌های تازه بریده به عنوان پاسخی به تقاضای راحت‌تر شدن زندگی روزانه مصرف‌کنندگان در نظر گرفته می‌شوند. محصولات تازه بریده شامل هرگونه میوه یا سبزی یا ترکیبی از آن‌ها هستند که پوست آن‌ها گرفته شده و قاچ‌ها شسته شده‌اند و به‌صورتی که کاملاً قابل مصرف‌اند، برش داده شده و سپس در بسته‌بندی قرار گرفته‌اند (Baeza, 2007). میوه‌ها و سبزی‌های تازه بریده که امروزه در سطح تجاری بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از: خربزه، طالبی، هندوانه، سیب، انبه، گریپ فروت، آناناس، هویج، ذرت، کلم بروکلی، کلم‌گل، مارچوبه و سیب‌زمینی شیرین (IFPA[۴], 2012). محصولات تازه بریده از سال ۱۹۴۰ در خرده فروشی‌ها عرضه می‌شوند و تا به‌حال این صنعت رشد زیادی داشته است، در سال ۲۰۱۳ بیشترین میزان فروش میوه‌های تازه بریده مربوط به سیب، برابر ۲۱/۸ درصد بوده است (FAO, 2013)، یکی از دلایل تقاضای بالای سیب در مقایسه با سایر میوه‌ها ارزش غذایی بالای این محصول می‌باشد (Watada and Qi, 1999). مراحل آماده‌سازی محصولات تازه بریده منجر به آسیب به بافت محصول و در نتیجه افزایش تنفس و تولید اتیلن، اتلاف آب، از هم‌پاشیدگی سلول و قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌شود و میزان فعالیت باکتری‌های در

۱، ۲و ۳ به ترتیب استاد، دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
(* - نویسنده مسئول: (Email: m.asghari@urmia.ac.ir
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.45104

4 International Fresh-Cut Produce Association

محل های آسیب دیده افزایش می یابد (Schlimme *et al*., 1994). یکی از علل افزایش تنفس در بافت‌های آسیب دیده افزایش اتیلن می‌باشد که باعث تحریک تنفس می‌شود. در نتیجه افزایش متابولیسم سلولی، نشاسته به قندهای محلول تبدیل می‌شود که افزایش قندهای محلول چرخه‌ی تری کربوکسیلیک اسید و زنجیره انتقال الکترون را تحریک می کند (Bretch *et al*., 1995). از علل دیگر افزایش شدت تنفس، افزایش سطح تماس سلول‌ها با اتمسفر است که باعث می‌شود اکسیژن با سرعت بیشتری به سلول‌های درونی نفوذ کند (Reyes, 1995). در محصولات تازه بریده به دلیل نبود پوشش‌های محافظت‌کننده سلول‌ها، میزان اتلاف آب و قهوه‌ای شدن بیشتر می‌شود. این قهوه‌ای شدن بیشتر به دلیل فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز (PPO) می‌باشد، که در حضور این آنزیم و اکسیژن ترکیبات فنلی اکسیده شده و به ا-کوئینون‌ها تبدیل می‌شوند. میزان قهوه‌ای شدن محصولات تازه بریده به غلظت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، مقدار ترکیبات فنلی در بافت میوه، pH، دما، اکسیژن و مقدار ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در بافت و نیز رقم محصول بستگی دارد (Mc-Evily *et al*., 2002). کیم و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند، که در میان ۱۲ رقم سیب، تنها میوه‌های تازه بریده ارقام *Cortland, Empire, Golden Delicious* و *New York 674*، کمترین میزان قهوه‌ای شدن را در طول دوره‌ی نگهداری در دمای ۲ درجه سانتی گراد به مدت ۳ روز از خود نشان دادند. بنابراین انتخاب رقم مناسب برای کنترل قهوه‌ای شدن محصولات تازه بریده مهم می‌باشد. فساد میکروبی یک عامل موثر در افزایش ضایعات محصولات تازه بریده می‌باشد. حساسیت میوه‌های تازه بریده به آلودگی میکروبی بسیار بیشتر از سبزیجات می‌باشد زیرا در میوه‌ها قندهای محلول بیشتری برای رشد عوامل بیماری‌زا وجود دارد، که با ایجاد صدمه در بافت در نتیجه بریدن یا پوست‌گیری به سرعت در دسترس عوامل بیماری‌زا قرار می‌گیرند، همچنین افزایش قندهای محلول باعث افزایش pH می‌شود که برای رشد قارچها و مخمرها مناسب است (Guerzoni *et al*., 1996). بنابراین لازم است با مدیریت دما، استفاده از ترکیبات استحکام بخش برای سلول‌ها نظیر ترکیبات کلسیم‌دار، نگهداری محصول تحت شرایط اتمسفر تغییر یافته و نیز بکارگیری فن‌آوری نانو طول عمر محصولات تازه بریده را تا حد امکان افزایش داد و کیفیت آنها را تا رسیدن بدست مصرف‌کننده حفظ نمود.

در سال‌های اخیر فن‌آوری نانو به‌عنوان یک فن‌آوری جدید در علوم کشاورزی و صنایع وابسته به آن وارد شده است. این فن‌آوری کاربردهای وسیعی در همه مراحل تولید، فرآوری، نگهداری، بسته‌بندی و حمل و نقل تولیدات کشاورزی دارد (Andreta, 2003). ترکیبات در مقایس نانو ویژگی‌های متفاوتی نسبت به شکل معمولی نشان می‌دهند زیرا گذر از میکرو ذرات به نانو ذرات، منجر به افزایش نسبت سطح به حجم و ورود اندازه ذره به قلمرو اثرات کوانتومی می‌شود. افزایش نسبت سطح به حجم که به تدریج با کاهش اندازه ذره رخ می‌دهد، باعث افزایش فعالیت ذرات و در نتیجه افزایش اثرگذاری آنها می‌شود (Miller and Senjen, 2008). در میان عناصر شاید کلسیم مهم‌ترین عنصر معدنی موثر در تعیین کیفیت میوه باشد که خصوصاً در سیب، به و گلابی عمر نگهداری میوه را افزایش می‌دهد. تیمار با یون کلسیم در میوه‌ها سبب استحکام دیواره سلولی و باعث ایجاد پل‌های عرضی بین پلیمرهای پکتین دیواره سلولی و اجزاء غشاء سلول‌ها می‌شود و در نتیجه میزان فعالیت آنزیم‌های هضم‌کننده دیواره سلولی نظیر پکتین متیل استراز، پکتیناز و پلی‌گالاکتوروناز کاهش می‌یابد (White and Broadly, 2003) . این آنزیم‌ها باعث تخریب پکتین دیواره سلولی می‌شوند که یون‌های کلسیم با اتصال به اسیدهای پکتیک آنها را در مقابل آنزیم‌های مذکور مقاوم می‌سازد (Pressy and Avants, 1978). در میوه های آووکادو که با ترکیب کلرید کلسیم تیمار شده بودند، کلسیم منجر به کند شدن روند تنفس و افزایش مواد فنلی گردید (Rensburg and Engelbrecht, 1985). آگوایو و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که ترکیبات مختلف کلسیم (کربنات، لاکتات، کلرید و پرپیونات کلسیم) سفتی، بیماری‌های قارچی و خواص کیفی هندوانه تازه بریده رقم "*Amarillo*" را تحت تاثیر قرار می‌دهند. نانو کربنات کلسیم در ترکیب با کیتوزان به‌منظور جلوگیری از قهوه‌ای شدن آنزیمی و حفظ سفتی میوه لوکوآت[1] موثر بوده است زیرا نانوکلسیم با ایجاد پیوند در دیواره سلولی و جلوگیری از تخریب دیواره‌ها و غشاهای سلولی میزان اکسیژن دریافتی را کاهش داده و در نتیجه میزان اکسیده شدن ترکیبات فنلی را کاهش می‌دهد (Zhau and Zisheng, 2008) تیمار پس از برداشت سیب‌های زرد لبنانی با گرما و محلول کلرید کلسیم باعث کاهش پوسیدگی شده و سفتی محصول را به مدت ۶ ماه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد حفظ نمود (William, 1994). یون کلسیم سنتز برخی فیتوآلکسین‌ها و ترکیبات فنولی را تحریک می‌کند که بازدارنده رشد قارچ‌ها هستند و همچنین کلسیم یک پل کاتیونی بین اسیدهای پکتیک در دیواره سلولی تشکیل داده و به این ترتیب آن را در مقابل آنزیم‌های پلی‌گالاکتوروناز قارچ‌ها مقاوم می‌کند (Biggs *et a.l*, 1997). البته کلسیم در غلظت‌های بالا با ایجاد صدمه به سطح میوه باعث افزایش سرعت نرم‌شدگی میوه می‌گردد که این می‌توانند از اثرات اسمزی کلسیم باشد (Saftner *et a.l*, 1998).

هدف از انجام این تحقیق مقایسه اثر تیمارهای نانوکربنات کلسیم، قبل از برش و بعد از برش بر فعالیت برخی آنزیم‌ها و ویژگی‌های کیفی در قطعات میوه تازه بریده سیب رقم زرد لبنانی بود. رقم "زرد لبنانی" به دلیل میزان تولید و مصرف زیاد و بازارپسندی

1 Loquat

انتخاب گردید (Aboot and Conway, 2004)

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نانو کربنات کلسیم

امولسیون روغن (استئاریک اسید) در۵۰۰ سی‌سی آب، به‌منظور سوسپانسیون کردن ترکیبات نانو، در درجه حرارتی نزدیک به نقطه ذوب چربی گرما داده شد. در ظرفی جداگانه ۰/۱درصد نانو کربنات کلسیم (شرکت نانو مواد ایرانیان، اسپانیا) توزین شده و ۵ سی‌سی اتانول ۷۰٪ به آن اضافه شد، سپس ۰/۰۲۵ گرم استئاریک اسید (شرکت اروم طب، نام تجاری KAI LU) به ظرف حاوی نانو کربنات کلسیم اضافه شده و محلول مورد نظر به مدت ۴۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد و سپس بعد از سرد شدن برای اعمال تیمار استفاده گردید (Zhau and Zisheng, 2008).

پوشش‌دهی میوه

میوه‌های سیب رقم زرد لبنانی *Malus domestica borkh. Cv. Golden Delicious* در مرحله بلوغ تجاری از شهرستان ارومیه منطقه گوی تپه در مهر ماه برداشت شدند و سیب‌هایی با ابعاد یکنواخت و دارای اندازه یکسان انتخاب شده و به آزمایشگاه منتقل گردیدند و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد در سردخانه در ظروف پلی‌اتیلنی نگهداری شدند. میوه‌ها با محلول ضدعفونی‌کننده (مارک داتیس، شرکت بهنوژن، ایران) میوه و سبزی به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی، سپس شسته شده و خشک گردیدند. هر میوه با استفاده از چاقوی فلزی ضد زنگ تیز به ۴ برش مساوی تقسیم و سپس قسمت مرکزی برش‌ها خارج شد. نیمی از میوه‌ها در آزمایشگاه قبل از برش در محلول نانو کربنات کلسیم در غلظت‌های ۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۴ درصد به مدت چهار دقیقه غوطه‌ور شدند و میوه‌ها به مدت نیم ساعت در معرض هوا قرار گرفتند تا خشک شوند و نیمی دیگر از میوه‌ها بعد از برش با همان غلظت‌های نانو کربنات کلسیم به مدت زمان دو دقیقه غوطه‌ور شدند پس از خشک‌شدن سطح میوه‌ها در دمای آزمایشگاه به مدت نیم‌ساعت، میوه‌ها در ظروف پلاستیکی در بسته یکبار مصرف (۸ برش در هر ظرف) که از قبل برچسب‌زنی شده و نوع تیمارشان هم معلوم گردیده بود، قرار گرفتند و در سردخانه با دمای ۰/۵±۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد به مدت ۲۰ روز نگهداری شدند. میوه‌های تازه بریده به دلیل نداشتن پوست محافظتی در تماس مستقیم با محلول مورد نظر بوده در نتیجه اگر زمان اعمال تیمار با زمان میوه‌های سالم یکسان در نظر گرفته می‌شد، امکان مشاهده اثر سمیت تیمارهای بکار برده شده می‌باشد (Baeza, 2007). میوه‌های شاهد نیز با آب مقطر تیمار شده و پس از خشک شدن سطح میوه به سردخانه منتقل گردیدند (شکل۱- الف و ب).



(شکل۱- الف: تیمار بعد از برش)



(شکل۱- ب: تیمار قبل از برش)

متغییرهای مورد اندازه‌گیری طی نگهداری سیب در سردخانه

اندازه‌گیری خصوصیات آنزیمی در روزهای اول، دهم و بیستم نگهداری انجام گرفت.

سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز طبق روش پیزوکارو و همکاران (۱۹۹۳) و براساس اکسیداسیون کاتکول اندازه‌گیری شد. ۲/۵ میلی‌لیتر ماده بافری شامل بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی مولار، pH= ۶/۴ و ۵۰ میلی‌مولار کاتکول را به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی اضافه کرده

و پس از قرار گرفتن در بن ماری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه منحنی تغییرات جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر مدل (Pharmacia LKB. Novaspec II) به مدت ۳ دقیقه اندازه‌گیری شد. یک واحد فعالیت آنزیمی عبارت بود از میزان تغییر فعالیت PPO به مقدار ۰/۰۰۱ در دقیقه در یک میلی‌لیتر از عصاره آنزیم.

برای تهیه بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار ۱۷/۹ گرم فسفات سدیم و ۷/۸ گرم فسفات دی هیدروژن سدیم داخل آب حل شد و به حجم یک لیتر رسانده شد و در نهایت pH محلول در ۶/۴ تنظیم شد و برای کاتکول ۵۰ میلی‌مولار، ۵/۵۰۵۵ گرم کاتکول در ۱ لیتر آب مقطر حل شد.

تعیین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان کل عصاره میوه

برای تعیین میزان آنتی‌اکسیدان کل از روش فرپ[1] استفاده شد بدین منظور برای تهیه محلول استاندارد از سولفات آهن استفاده گردید. محلول نهایی در اسپکتروفتومتر مدل (.Pharmacia LKB Novaspec II) قرار گرفت و میزان جذب در طول موج ۵۹۳ نانومتر قرائت شد. در نهایت با رسم منحنی استاندارد میزان آنتی‌اکسیدان کل محاسبه و برحسب معادل میلی‌مول آهن در لیتر نمونه بیان گردید (Beniz and Strain, 1996).

تعیین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز

فعالیت آنزیم کاتالاز با اندازه‌گیری سرعت حذف پراکسیدهیدروژن بر اساس روش بیرس و سیزر (۱۹۵۲) با تغییرات اندک صورت پذیرفت. مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار با pH =۷ محتوی ۰/۲ میلی‌لیتر پراکسیدهیدروژن ۱ درصد و ۰/۳ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی بود. فعالیت آنزیم کاتالاز به‌صورت کاهش در طی یک دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر محاسبه شد. یک واحد فعالیت آنزیمی عبارت بود از میزان تغییر کاتالاز به مقدار ۰/۰۱ در دقیقه در یک میلی‌لیتر از عصاره آنزیم.

اندازه‌گیری میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

مقدار اسید آسکوربیک (ویتامین ث) عصاره میوه نیز با استفاده از روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد. به این صورت که میزان ۱۰cc از عصاره میوه در مجاورت ۲cc نشاسته (۱ گرم از نشاسته توزین شده در ۱۰۰ سی‌سی آب مقطر) توسط یدید پتاسیم (KI) ۰/۰۱ نرمال (۱/۹۶ گرم ید با ۱۶/۶ گرم یدید پتاسیم حل کرده و حجم محلول را به ۱ لیتر رسانده شد) تا ته‌نشین شدن ذرات نشاسته تیتر گردیده (جلیلی مرندی، ۱۳۸۳).

$$A.A=(S\times N\times F\times 88.1/C)\times 100 \quad (۱)$$

A.A: میزان اسید آسکوربیک بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر

S: مقدار KI مصرفی

N: نرمالیته KI ۰/۰۱

F: فاکتور KI ۰/۷۴۳

C: مقدار عصاره مصرفی ۱۰ CC

کاهش وزن میوه‌ها

برای ارزیابی میزان کاهش وزن میوه‌ها در ابتدای آزمایش و قبل از شروع نگهداری با ترازوی دیجیتالی مدل (CANDGL300) وزن شده و سپس در روزهای ۱۰ و روز ۲۰ مجدداً توزین شدند و میزان کاهش وزن میوه‌ها که در واقع ناشی از کاهش رطوبت میوه‌ها می‌باشد از فرمول زیر محاسبه گردید (Meng *et al*., 2007).

(۲)...... ۱۰۰× (وزن میوه قبل از انباداری/ (وزن میوه در انتهای انبارداری- وزن میوه قبل از انبارداری))= درصد کاهش وزن میوه

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی و به‌صورت فاکتوریل با ۳ فاکتور شامل نانوکربنات کلسیم، مرحله اعمال تیمار و زمان نگهداری در ۵ تکرار به‌منظور افزایش دقت آزمایش (۸ برش میوه در هر تکرار) انجام شد. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹، آلمان) و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۱ و ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس تاثیرات اصلی سه فاکتور مرحله اعمال تیمار، نانو کربنات‌کلسیم و زمان نگهداری بر آنتی‌اکسیدان کل، پلی‌فنل‌اکسیداز، کاتالاز، ویتامین ث و کاهش وزن را نشان می‌دهد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سه‌گانه بر تمام پارامترها، برای بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل بررسی شد

آنتی‌اکسیدان کل

اخیراً توجه زیادی به نقش میوه‌ها و سبزیجات در سلامت انسان و جلوگیری از بیماری‌ها شده است. خواص حفاظتی میوه‌ها به خواص فنل‌هایی مانند گالیک اسید، کلروژنیک اسید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنها وابسته است. ترکیبات فنلی و آسکوربیک‌اسید که بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدان‌ها را در سیب شامل می‌شوند باعث حفظ لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها در مقابل گونه‌های فعال اکسیژن می‌شوند (Silva *et al*, 2008). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر مرحله اعمال تیمار، نانوکربنات کلسیم و زمان نگهداری و

---

1 Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

اثرات متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان آنتی‌اکسیدان کل معنی‌دار بود (جدول ۱).

بررسی اثر مدت زمان نگهداری نشان داد که با افزایش زمان نگهداری در سردخانه، میزان آنتی‌اکسیدان کل کاهش یافته است (شکل ۱). بررسی اثر تیمار نانوکربنات کلسیم در هر دو مرحله اعمال تیمار نشان داد که بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان کل در روز ۱۰ام نگهداری به تیمار بعد از برش با ۰/۱ درصد نانو کربنات کلسیم مربوط بوده، که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار قبل از برش با ۰/۲ درصد نانو کربنات کلسیم مشاهده نشد و کمترین آن در تیمار شاهد در روز ۲۰ام نگهداری مشاهده شد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار بعد از برش با ۰/۴ درصد نانو کربنات کلسیم وجود نداشت (شکل ۱)..

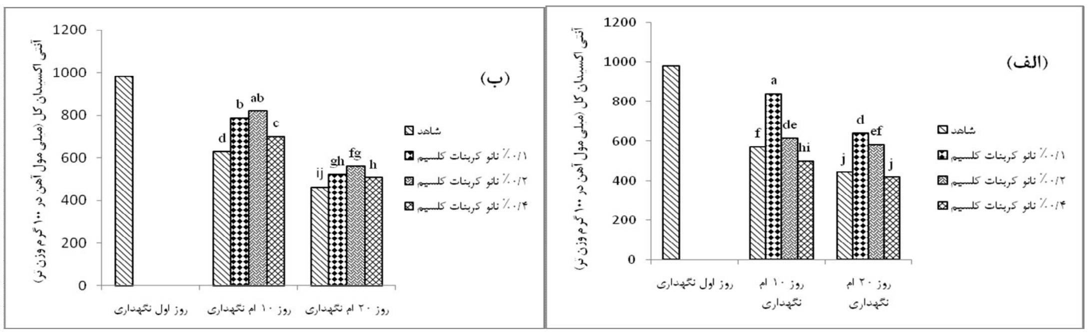
جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار نانو کربنات کلسیم، مرحله اعمال تیمار و زمان نگهداری و اثر متقابل آنها بر خصوصیات آنزیمی قطعات میوه تازه بریده سیب رقم گلدن دلیشز در مدت ۲۰ روز نگهداری در دمای C° ۰/۵± ۱

منابع تغییرات	درجه‌آزادی	میانگین مربعات				
		آنتی‌اکسیدان‌کل	پلی‌فنل‌اکسیداز	کاتالاز	ویتامین‌ث	کاهش وزن (٪)
مرحله اعمال تیمار	۱	۳۷۷۸۶/۲۴**	۱۷۲۱۱۱۳/۷۸**	۰/۵۴۸^{ns}	۴۷/۵۶**	۰/۰۰۰۸^{ns}
نانوکربنات کلسیم	۳	۱۴۰۰۲۰/۲۲**	۴۸۱۶۵۵/۳**	۸/۶۱۱**	۱/۵۰۲**	۰/۶۳**
زمان نگهداری	۱	۵۳۴۱۱۵/۳۸**	۳۸۱۶۱۱/۷۵**	۱۰/۲۷۷**	۱۳۰/۹۵**	۰/۱۹**
مرحله اعمال تیمار× نانو کربنات کلسیم	۳	۴۵۳۷۷/۳۶**	۱۷۶۴۴/۶۶**	۳/۱۷۱**	۱/۴۴**	۰/۰۵**
مرحله‌اعمال تیمار×زمان نگهداری	۱	۷۰۳۶۸/۲۸**	۱۵۳۸۷/۳۷**	۱/۶۶۴**	۱۸/۲۸**	۰/۰۳*
نانو کربنات کلسیم× زمان نگهداری	۳	۱۱۶۲۹/۵۱**	۵۵۸۵۸/۶۲**	۰/۲۱۵^{ns}	۰/ ۵۲^{ns}	۰/۰۶۸**
مرحله اعمال تیمار× نانو کربنات کلسیم× زمان نگهداری	۳	۸۶۸۷/۸۴**	۳۶۸۹/۰۸*	۰/۶۱۵**	۸/۱۹**	۰/۴۳**
خطای آزمایشی	۶۴	۹۵۹/۹۶۱	۱۲۲۲/۵۶	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات(٪)		۵/۱۵	۴/۸۳	۹/۳۱	۱۰/۰۷	۳/۲۳

ns، ** و * به ترتیب نشان هنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ می باشد.

با بررسی دو مرحله اعمال تیمار (تیمار قبل از برش و تیمار بعد از برش) مشاهده گردید که تیمار قبل از برش با غلظت ۰/۲ درصد (شکل ۱، ب) و در تیمار بعد از برش با غلظت ۰/۱ درصد نانو کربنات کلسیم (شکل ۱، الف) در حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی موثر بوده‌اند. در این تحقیق در قطعات سیب پوشش‌دهی شده فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر حفظ شد که این می‌تواند به این دلیل باشد که رادیکال‌های آزاد در میوه‌های تیمار شده کمتر بوده در نتیجه آنتی‌اکسیدان کمتری برای حذف آنها مصرف شده‌اند در واقع آنتی اکسیدان‌ها با دادن الکترون به رادیکال‌های آزاد، خود اکسیده شده و قدرت اکسیدکنندگی و ایجاد خسارت توسط رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند از این‌رو توجه زیادی به عاملین حذف رادیکال‌های آزاد شده است. در واقع بخش قابل توجهی از کلسیم در دیواره بافت‌های گیاهی جای می‌گیرد. این وضعیت منحصر به فرد کلسیم به سبب وجود جایگاه‌های زیاد تثبیت کلسیم در دیواره سلولی و نیز جابجایی محدود آن از غشای سیتوپلاسم به درون سیتوپلاسم سلول است. در تیغه میانی کلسیم با تشکیل پکتات کلسیم از تجزیه پکتات توسط آنزیم پلی‌گالاکتوروناز می‌کاهد در نتیجه غلظت بالای کلسیم، فعالیت آنزیم عامل این تجزیه را کاهش می‌دهد همچنین افزایش میزان کلسیم بافت گیاهی از طریق کاستن از میزان نشت سوبسترای تنفسی از واکوئل‌ها، باعث کاهش سرعت تنفس، رادیکال‌های آزاد و کاهش رسیدن میوه می‌شود و بدین ترتیب ترکیبات کلسیمی منجر به حفظ آنتی‌اکسیدان‌ها می‌شوند.

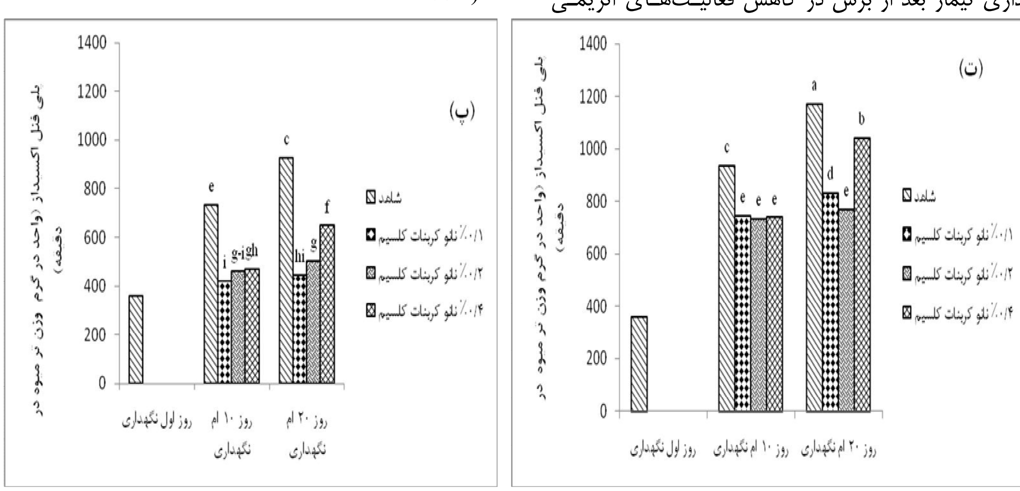
گفتنی است که هیچ عنصر دیگری، حتی عناصر دو ظرفیتی مشابه نظیر منیزیم نمی‌تواند جایگزین کلسیم شده و وظایف آن را در ساختار سلول‌های گیاهی اجرا نماید Cheour and Willemot, (1991). در تیمار بعد از برش با ۰/۴ درصد نانو کربنات کلسیم کمترین میزان محتوای آنتی‌اکسیدان کل مشاهده شد (شکل ۱، الف)، زیرا غلظت بالای کلسیم ممکن است به سمیت ناشی از غلظت بالای این عنصر منجر شود که این عامل باعث هیدرولیز دیواره سلولی می‌شود (Gupta *et al*., 2011). سلیمانی اقدم و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد پس از برداشت تیمار کلسیم در حفظ آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی از قبیل فنل، فلانوئیدها، آنتوسیانین و آسکوربیک اسید موثر بوده است. پوشش‌دهی میوه باعث کوچک‌تر شدن قطر منافذ سطح میوه شده و کاهش نفوذپذیری آن نسبت به اکسیژن و آب را به دنبال دارد. در نتیجه، فعالیت آنزیمی میوه کمتر خواهد بود و فاسد شدن میوه به تعویق خواهد افتاد مطالعات زیادی روی پوشش‌های نانو امولسیونی انجام شده است که نشان می‌دهد کاهش اندازه‌ی ذرات و امولسیون بودن آن می‌تواند سبب بهبود کیفیت پوشش در مقایسه با سایر پوشش‌ها شود (Jannesari *et al*., 2012).



شکل ۱- تغییرات در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان کل در سیب تازه بریده پوشش داده شده با نانو کربنات کلسیم طی مدت نگهداری در سردخانه. شکل الف) نشان‌دهنده تیمار بعد از برش و شکل ب) نشان‌دهنده تیمار قبل از برش. حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی دار بودن اختلاف میانگین ها درسطح احتمال۱٪ در آزمون دانکن می باشد.

پلی‌فنل‌اکسیداز

تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشانگر آن است کـه اثـر مرحله اعمال تیمار، نانو کربنات کلسیم و زمان نگهـداری بـر میـزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بـوده است. همچنین اثر متقابل تیمار نانو کربنات کلسـیم، مرحلـه اعمـال تیمار و مدت زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد بر این ویژگی معنی‌دار بوده است. میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسـیداز بـا افـزایش زمان نگهداری میوه‌ها در سردخانه افزایش داشـته و میـزان قهـوه‌ای شدن میوه‌ها افزایش پیدا کرده کـه بیشـترین مقـدار قهـوه‌ای شـدن مربوط به تیمار شاهد قبل از برش (شکل ۲، ت) و کمترین آن مربوط به تیمار بعد از برش با ۰/۱ درصد نانوکربنات کلسیم بوده است (شکل ۲، پ). همان‌گونه که در شکل ۲ (پ و ت) مشاهده می‌شود در پایان دوره‌ی نگهداری تیمار بعد از برش در کاهش فعالیـت‌هـای آنزیمـی موثرتر از تیمار قبل از برش بوده است. فعالیت این آنزیم توسط میزان تنفس، غلظت عناصر غذایی، استحکام بافت میوه و آنتی‌اکسیدان‌هـا تنظیم می‌شود و عواملی نظیر زمـان برداشـت، دمـا، ترکیـب گـازی اتمسفر و شرایط محیطی نیز بر فعالیت آن موثر می‌باشند (Ding *et al.*, 2002). در پژوهش حاضر میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در میوه‌های تیمار شده با کلسیم کمتر از میوه‌های شاهد بود زیرا کلسیم از فعالیت آنزیم‌های هضم‌کننده دیواره سلولی جلوگیری نموده و بدین ترتیب مصرف اسیدهای آلـی در واکـنش‌هـای تنفسـی را بـه تـاخیر می‌اندازد و چون فعالیت بهینه این آنزیم در pH بین ۶ تا ۶/۵ می‌باشد لذا به‌خاطر پایین ماندن pH، فعالیت آنزیم در حد پایینی باقی می‌ماند و همچنین در میوه‌های تیمار شده به دلیل کنترل میزان ورود اکسیژن به داخل سلول، میزان فعالیت این آنـزیم کمتـر اسـت (Whitaker, 1994).



شکل ۲- تغییرات در میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در سیب تازه بریده پوشش داده شده با نانو کربنات کلسیم در طول نگهداری در سردخانه. شکل پ) نشان‌دهنده تیمار بعد از برش و شکل ت) نشان‌دهنده تیمار قبل از برش می‌باشند. (حروف متفاوت نشان دهنده‌ی معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد).

نتایج مشابهی توسط زائو و زیشنگ (۲۰۰۸) بدست آمد این محققین اظهار داشتند پوشش نانو کربنات کلسیم میزان فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز را در میوه لوکوآت کاهش داده و میزان قهوه‌ای شدن میوه‌های تیمار شده ۴۳ درصد کمتر از میوه‌های شاهد بوده است و همچنین نتایج مشابهی از تاثیر نانوکربنات کلسیم بر سیب‌زمینی شیرین و بادمجان تازه بریده گزارش گردیده است (Jing and Xiaoling, 2009, Luo *et al*., 2009). تاثیر ترکیبات کلسیمی در مورد پلی‌فنل‌اکسیداز ممکن است به این خاطر باشد که کلسیم در سیب باعث استحکام غشای سلولی در مقابل رادیکال‌های آزاد حاصل از اکسیداسیون لیپیدها در اثر باند شدن به غشاء می‌شود و در نتیجه باعث کاهش فعالیت این آنزیم می‌شود. پلی‌فنل‌ها به دلیل ایجاد لکه‌های قهوه‌ای در میوه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات در پس از برداشت و فرآوری میوه‌ها در نظر گرفته می‌شوند. همچنین پلی‌فنل‌ها حساسیت زیادی به گرما، نور، هوا و رطوبت دارند. بنابراین قرار گرفتن در این شرایط می‌تواند اثر بسیاری از ترکیبات پلی‌فنلیک را از بین ببرد و ارزش غذایی محصولات را کاهش دهد. گزارش شده است که استفاده از ترکیبات کلسیمی (آسکوربات، کلرید، لاکتات، پروپیونات) منجر به کاهش فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز در میوه‌های تازه بریده گلابی رقم "*Rocha*" می گردد (Gomes *et al.*, 2014). نتایج مشابهی توسط لامیکانارا و همکاران (۲۰۰۵) در هندوانه تازه بریده گزارش شده است. همچنین برای فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز به اکسیژن نیاز است که پوشش‌دهی سطح میوه باعث کاهش دسترسی سلول‌ها به اکسیژن و در نتیجه کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده‌ای نظیر پلی‌فنل اکسیداز می‌شود.

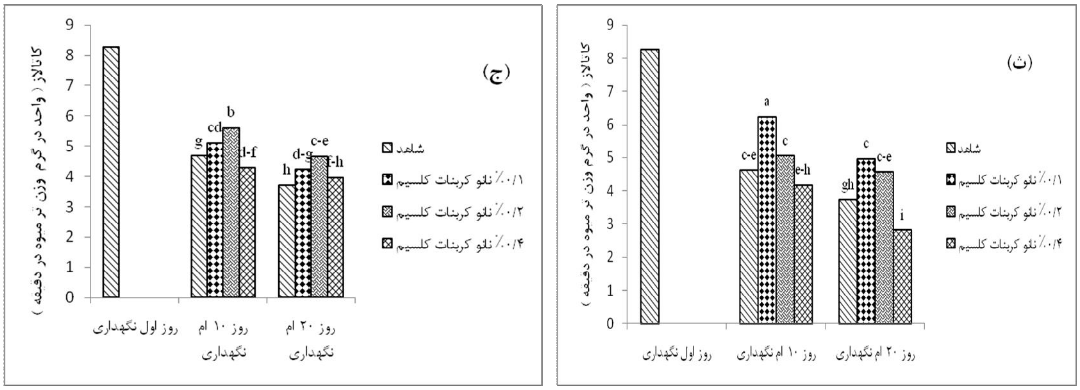
کاتالاز

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر نانو کربنات کلسیم، زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل نانو کربنات کلسیم در مرحله اعمال تیمار و اثر متقابل مرحله اعمال تیمار در زمان نگهداری و اثر متقابل سه‌گانه آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بوده است. در پایان دوره نگهداری، تیمار میوه‌های برش داده شده با نانو کربنات کلسیم در غلظت ۰/۱ درصد بر فعالیت آنزیم کاتالاز موثر بوده (شکل ۳، ث) ولی در تیمار قبل از برش (شکل ۳، ج) غلظت ۰/۲ درصد نانو کربنات کلسیم در افزایش فعالیت این آنزیم موثرتر بوده و نانو کربنات کلسیم در غلظت ۰/۴ درصد اثر منفی بر میوه‌ها داشته است که تاثیر منفی این غلظت در مقایسه با تیمار بعد از برش کمتر بوده است. مکانیسم‌های مختلفی جهت مقابله با گونه‌های فعال اکسیژن در موجودات زنده یافت شده که کاتالاز یکی از مهم‌ترین آنها می‌باشد. کاتالاز دارای گروه آهن[2] می‌باشد و فرآیند تبدیل پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن را کاتالیز می‌کند. کاتالازهای گیاهی بیشتر در پراکسی‌زوم‌ها و گلی‌اکسی‌زوم‌ها جای گرفته‌اند (Van and Clijsters, 1990). در پژوهش حاضر میزان کاتالاز در تیمار بعد از برش بیشتر از تیمار قبل از برش دیده شد. دلیل این تفاوت تماس مستقیم محلول نانو کربنات کلسیم با بافت میوه بوده است که در غلظت ۰/۴ درصد کمترین میزان کاتالاز مشاهده شد زیرا کلسیم زمانی می‌تواند اثرات سودمندی را بر فعالیت آنزیمی بر جای بگذارد که مقدار آن در داخل بافت میوه در حد مشخصی باشد. با افزایش غلظت کلسیم در غشاء درونی واکوئل غلظت بالای یون، باعث پارگی بافت دیواره واکوئل شده و در نتیجه چرخه تولید اتیلن فعال شده و سرعت پیری در بافت میوه افزایش می‌یابد (Roys and Conway, 1996). Youwei و همکاران (۲۰۱۲) اعلام کردند که میوه‌های عناب تیمار شده با کیتوزان و نانو سیلیکون میزان تنفس و تولید اتیلن کمتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده داشتند زیرا نسبت گازهای CO_2 و O_2 در حضور این پوشش‌های خوراکی کنترل می‌شود و از طرفی آسیب وارده به دیواره و غشای سلولی توسط رادیکال‌های آزاد از جمله H_2O_2 و $^{\bullet}OH^{-}$ کاهش پیدا می‌کند، زیرا آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، گونه‌های فعال اکسیژن را به پراکسید هیدروژن تبدیل کرده و پراکسیدهیدروژن توسط آنزیم کاتالاز و پراکسیداز به آب و اکسیژن تجزیه می‌کند که با کاهش رادیکال‌های آزاد و تولید مالون دی‌آلدهید و فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز در حضور نانو سیلیکون و کیتوزان کاهش پیدا می‌کند مالون دی‌آلدهید در نتیجه آسیب غشاهای سلولی تولید شده و باعث مرگ سلول‌ها می‌شود و نیز فنیل‌آلانین آمونیالیاز در شرایط تنش تولید شده و باعث تولید فنل‌ها می‌شود که بعداً اکسیده شده و رنگ قهوه‌ای ایجاد می‌کنند.

محتوای ویتامین ث میوه (اسید آسکوربیک)

تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشانگر آن است که اثر مرحله اعمال تیمار، نانو کربنات کلسیم و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد بر محتوای ویتامین ث میوه معنی‌دار بوده است. همچنین اثر متقابل نانو کربنات کلسیم در مرحله اعمال تیمار و اثر متقابل مرحله اعمال تیمار در زمان نگهداری و اثر متقابل سه‌گانه آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان ویتامین ث معنی‌دار بوده است. در این تحقیق میزان ویتامین ث در پایان دوره ی نگهداری در کل تیمارها کاهش نشان داد که این کاهش مقدار ویتامین ث در تیمار بعد برش، روند کندتری داشت و حفظ ویتامین ث در تیمار نانو کربنات کلسیم ۰/۱ درصد در روز ۱۰ ام نگهداری، بیشتر از بقیه تیمارها بوده است (شکل ۴، خ) زیرا در تیمار بعد برش بافت میوه و سلول‌ها در تماس مستقیم با محلول بوده است.

2 Heme



شکل ۳- تغییرات در میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در قطعات میوه سیب تازه بریده پوشش داده شده با نانو کربنات کلسیم در طی مدت نگهداری در سردخانه. شکل ث نشان‌دهنده تیمار بعد از برش و شکل ج نشان‌دهنده تیمار قبل از برش می‌باشد. (حروف متفاوت نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد).

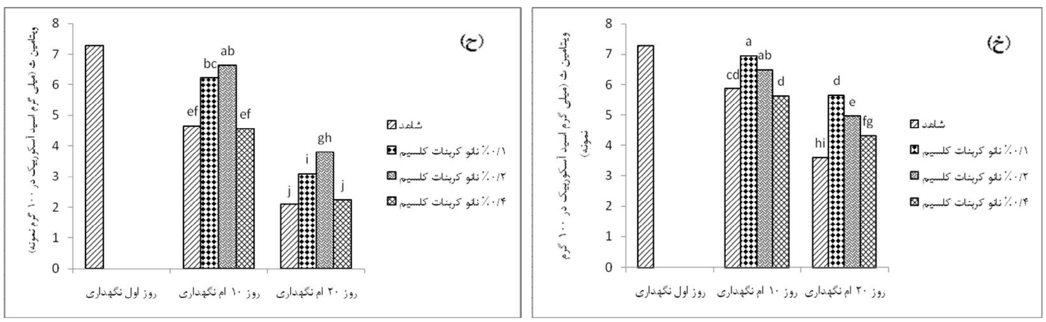
اسید آسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی می‌باشد که میزان آن در حین رشد و نمو میوه افزایش یافته، اما بعد از برداشت در اثر فعالیت تجزیه‌ای آنزیم آسکوربیک اسید اکسیداز کاهش می‌یابد، که فعالیت این آنزیم در سطح برش بیشتر است (جلیلی مرندی، ۱۳۸۳). دلیل کاهش میزان اسید آسکوربیک می‌تواند با خنثی کردن رادیکال‌های آزاد در ارتباط باشد که میزان رادیکال‌های آزاد تولید شده در این تیمار کمتر بوده است. پوشش‌دهی میوه‌ها منجر به کاهش تبادلات گازی بین میوه و محیط شده و این پوشش‌دهی، به‌عنوان یک عامل تغییر اتمسفر داخلی عمل می‌نماید که این لایه‌ها به‌طور انتخابی نسبت به اکسیژن در مقایسه با دی‌اکسیدکربن داخلی نفوذپذیری کمتری دارند که منجر به کاهش فعالیت آنزیم آسکوربیک اسید اکسیداز که در حضور اکسیژن فعالیت می‌کند، می‌شود (Morillon *et al*., 2002). تیمار با ترکیبات کلسیمی موجب حفظ ویتامین ث در میوه سیب، پاپایا و لوکوآت گردید (Mishra *et al*., 2004; Mahmud *et al*., 2008; Akhtar *et al*., 2010).

درصد کاهش وزن میوه

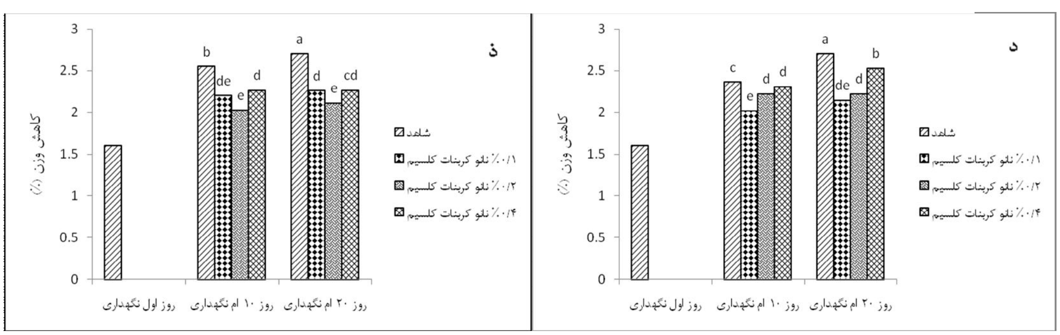
خسارت کاهش وزن میوه به‌طور عمده با تنفس و تبخیر رطوبت در اطراف پوست میوه ارتباط دارد همچنین کاهش وزن میوه نتیجه دهیدراسیون از سطح میوه‌ها نیز می باشد. در پژوهشی میوه‌های لوکوآت تیمار شده با پوشش نانو کربنات کلسیم، ۳۴ درصد کاهش وزن کمتری در مقایسه با میوه‌های شاهد داشته‌اند (Zhau and Zisheng, 2008). تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشانگر آن است که اثر نانو کربنات کلسیم و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است همچنین اثرات متقابل مرحله اعمال تیمار در نانو کربنات کلسیم، نانو کربنات کلسیم در زمان نگهداری و اثرات متقابل سه‌گانه آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد کاهش وزن معنی‌دار بوده است و همچنین اثر مرحله اعمال تیمار در زمان نگهداری در سطح احتمال ۵ درصد بر این شاخص معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). تغییرات میزان افت وزن در تیمار و شاهد طی ۲۰ روز نگهداری در شکل ۵ نشان داده شده است. اگرچه میزان افت وزن در هر دو نمونه تیمار و شاهد روند افزایشی داشت اما میزان کاهش وزن در سیب‌های پوشش داده با نانو کربنات کلسیم ۰/۱ درصد در تیمار بعد از برش (شکل ۵، د) و ۰/۲ درصد در تیمار قبل از برش (شکل ۵، ذ) به مراتب کمتر از میوه بدون پوشش بود. استفاده از بسته‌های نانو در طول دوره‌ی نگهداری علاوه بر کند شدن کاهش وزن نسبت به بسته‌های معمولی باعث جلوگیری از نرمی بافت میوه شد و این می‌تواند به دلیل جلوگیری از، از دست رفتن رطوبت داخل بسته‌های نانو باشد (Hu *et al*., 2011). یکی از شاخص‌های اصلی مورد استفاده در تعیین کیفیت میوه و عمر مفید پس از برداشت، سرعت و میزان از دست رفتن استحکام در طول مدت نگهداری می‌باشد. با توجه به تحقیقات وئومینگ[3] در سال (۱۹۹۳)، نرم شدن میوه به علت تخریب اجزای دیواره سلولی می‌باشد. آنزیم‌هایی مانند پلی‌گالاکتوروناز عمدتاً بر روی پکتین دیواره سلولی عمل می‌کنند که باعث از هم پاشیدگی دیواره سلولی می‌شود از آنجایی که سیب زرد

3 Wu-Ming

لبنانی در جدار مومی خود دارای شکاف‌های ریزی می‌باشد که به چشم دیده نمی‌شوند، این شکاف‌ها غیر از روزنه‌های عدسک‌ها می‌باشند و باعث می‌شوند این رقم، بعد از برداشت به سرعت رطوبت خود را از دست دهد. حفظ عملکرد غشاء و یکپارچگی آن ممکن است دلیلی برای کمتر از دست دادن وزن در میوه‌های تیمار شده با کلسیم باشد (منیعی، ۱۳۸۰). زیرا استفاده از تیمار کلسیم در فعالیت، حفظ و ثبات غشاء از طریق کاهش اتلاف فسفولیپیدها و پروتئین‌ها و همچنین کاهش نشت یونی موثر می‌باشد که این امر می‌تواند، مسئول جلوگیری از اتلاف وزن در میوه‌های تیمار شده با کلسیم باشد (Lester and Grusak, 1999). هر گونه آسیب یا برش موجب افزایش تنفس و افزایش سرعت کاهش وزن محصول می‌شود و در میوه‌های تازه بریده کاهش وزن بیشتری مشاهده می‌شود زیرا این میوه‌ها سلول‌های اپیدرمی محافظتی ندارند (Baeza, 2007). همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود با گذشت زمان نگهداری میزان کاهش وزن بیشتر مشاهده می‌شود که در میوه‌های شاهد این کاهش بیشتر محسوس بوده است.



شکل٤: تغییرات در میزان اسید آسکوربیک در قطعات میوه سیب تازه بریده پوشش داده شده با نانو کربنات کلسیم در طی مدت نگهداری در سردخانه. شکل خ نشان‌دهنده تیمار بعد از برش و شکل ح نشان دهنده تیمار قبل از برش می‌باشد. (حروف متفاوت نشان‌دهنده ی معنی دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد).



شکل۵- تغییرات در میزان درصد کاهش وزن در قطعات میوه سیب تازه بریده پوشش داده شده با نانو کربنات کلسیم در طی مدت نگهداری در سردخانه. شکل (د) نشان‌دهنده تیمار بعد از برش و شکل (ذ) نشان‌دهنده تیمار قبل از برش می باشد.
(حروف متفاوت نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش خواص کیفی و فعالیت آنزیمی میوه تازه بریده رقم گلدن دلیشز طی دو زمان نگهداری پرداخته شد. نتایج نشان داد که استفاده از تیمار بعد برش با ۰/۱ درصد و تیمار قبل برش با ۰/۲درصد نانو کربنات کلسیم به میزان قابل توجهی طول عمر پس از برداشت میوه سیب را افزایش داد. بیشترین فعالیت آنتی اکسیدان، ویتامین ث، درصد کاهش وزن و فعالیت های آنزیمی در این تیمار مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد پوشش‌های نانو با کاهش ورود اکسیژن و خروج دی‌اکسیدکربن و همچنین کند نمودن آهنگ تغییرات آنتی‌اکسیدان، ویتامین ث و فعالیت‌های آنزیمی، پیری میوه‌های تازه بریده سیب را به تاخیر انداخته و باعث حفظ کیفیت میوه‌های سیب

رقم گلدن دلیشز شده است.

منابع

جلیلی مرندی، ر. (۱۳۸۳). فیزیولوژی بعد از برداشت. چاپ دوم. نشر آموزش کشاورزی، ۳۷۰ ص.

منیعی، ع. (۱۳۸۰). سیب و پرورش آن. ویرایش دوم. انتشارات فنی ایران. ۳۷۰ص.

Aboot, J. A. And Conway, W. S., 1989, Postharvest calcium chloride infiltration affects textural attributes of apples. *Journal of American Horticultural Science*, 114, 932-936.

Aguayo, E., Escalona, V. H. and Artes, F, 2008, Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut "Amarillo" melon. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 397-406.

Akhtar, A, Abbasi, N. A. and Hussaini, A, 2010, Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. *Pakistan Journal of Botany*, 42, 181-188.

Andreta, E, 2003, Nano science and nanotechnology: what future for research. Future Conference and Expo, Chiba-Shi, Chiba, Tokyo, Japan 26 February.

Baeza, R, 2007, Comparison of technologies to control the physiological, biochemical and nutritional changes of fresh cut fruit. *International Journal of Food Science and Technology*, 30, 109-115.

Beers, R.F. and Sizer, I.W, 1952, a spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide b. catalase. *Journal of Biology and Chemistry*, 95, 133–140.

Benzie, I. F. F. and Strain, J. J, 1996, the ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 'Antioxidant Power': The FRAP assay. Anal. *Biochemistry*, 239, 70-76.

Biggs, A. R., El-Kholi, M. M., El-Neshay, S. and Nickerson, R, 1997, Effects of calcium salts on growth, polygalacturonase activity, and infection of peach fruit by Monilinia fructicola. *Plant Disease*, 6, 399-403.

Bretch, J, 1995, Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *Horticultural Science*, 30, 18-22.

Cheour, F and C. Willemot, 1991, Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of CaCl2, *Journal of Horticulture Science*, 26 (9), 1186-1188.

Ding, C., Chachin, K., Ueda, Y. and Wang, C. Y, 2002, Inhibition of loquat enzymatic browning by sulfhydrul compounds. *Food Chemistry*, 76, 213-218.

FAO, 2013, Food and Agriculture organization of United Nations; Available from http://faostat.org.

Gomes, M., Vieira, T., Joana, F. and Almeida, P. F, 2014, Polyphenol oxidase activity and browning in fresh-cut "Rocha" pear as affected by pH, phenolic substrates, and antibrowning additives. *Postharvest Biology and Technology*, 91, 32-38.

Guerzoni, M. E. Gianotti, A. Carbo, M. R. and Sinigaglia, M, 1996, Shelf-life modeling for fresh-cut vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 9, 195-207.

Gupta, N, Jawandha, S. K. and Gill, P. S, 2011, Effect of calcium on cold storage and post storage quality of peach. *Journal of Food Science Technology*, 48(2), 225-229.

Hu, H. Li, X. Dong, C. H., and Chen, W, 2011, Effect of wax treatment on quality and postharvest physiology of pineapple fruit in cold storage. *African Journal of Biotechnology*, 10, 759-760.

IFPA, 2012, International Fresh-Cut Produce Associationm; available from; http: //www.creativew.com/sites/ifpa/about. Html.

Jannesari, F., Hajirasouliha, M., Najafabadi, F. and Hashemi, M, 2012, Effect of novel chitosan nanoparticles coating on postharvest quality or strawberry. *Proceeding of the 4th International Conference on Nanostructure*, 840-842.

Jing, X. and Xiaoling, X, 2009, Effect of chitosan coating with nano CaCo3 on quality of fresh-cut yam. *Department of Food Science and Nutrition*, 40(4), 125-128.

Kim, D. M. Smith, N. L., and Lee, C. Y, 1993, Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. *Journal of Food Science*, 58, 1115-1117.

Lamikanara, O. Ingram, D. A. and Watson, M, 2005, Use of mild heat pretreatment for quality retention of fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science*, 70(1), 53-57.

Lester, G. E. and Grusak, M. A, 1999, Postharvest application of calcium and magnesium to honeydew and netted muskmelons: effects on tissue ion concentrations, quality and senescence. Journal of American Society for Horticulture *Science*, 124, 545-552.

Luo, Z., Xu, X., Ting, Q. and Jing, X, 2009, Effect of nano CaCo3 modified chitosan coating on physiological and biochemical indexes of fresh-cut eggplant fruits. *Department of Food Science Journal*, 30(4), 260-264.

Mahmud, T. M. M, Al Eryani-Raqeeb, A. and Mohamed Zaki, A. R, 2008, Effects of different concentrations and application of calcium on storage life and physicochemical characteristics of papaya. *American Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3, 526-533.

Mc-Evily, A. J. Inegar, R. and Otwell, W. S, 2002, Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. *Food Science and Nutrition*, 32, 253-273.

Meng, X., Li, J. and Tian, S, 2007, Physiological responses and quality attributes of table grape to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Journal of Food Chemistry*, 106: 501-507.

Miller, G. and Senjen, R, 2008, Nanotechnology used for food packaging and food contact materials. *Nanotechnology in Food and Agriculture*, 2, 14-68.

Mishra, S, 2004, Calcium chloride of fruits and vegetables. Journal of Food Science, 24, 13-87.

Morillon, V, Debeaufort, F, Blond, G, Capelle, M. and Voilley, A, 2002, Factors affecting the moisture permeability of lipid based edible films a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, 42, 67-89.

Pizzocaro, F., Torreggiani, D. and Gilardi, G, 1993, Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *Journal of Food Processing and Preservation*, 17, 21–30.

Pressey, R. and Avants, J. K, 1978, Difference in polygalactaronase composition of free stone peaches. *Journal of Food Science*, 43, 1415-1423.

Rensburg, E. and Engelbrecht, A, 1985, the effect of calcium salts on the components causing browning of avocado fruit. South African Avacado Growers Association Yearbook, 8, 14-15.

Reyes, V. G. 1995. Improved preservation systems for minimally processed vegetables. Food Australia, 48: 87-90.

Roy, S. and Conway, W. S, 1996, Distirbution of the anionic sites in the cell wall of apple fruit after calcium treatment. *Protoplasma*, 178, 156-167.

Saftner, R. A., Conway, W. S. and Sams, C. E, 1998, Effect of postharvest calcium and fruit coating treatments on postharvest life, quality maintenance and fruit surface injury in "Golden delicious" apples. Journal of American Society *Horticultural Science*, 123, 294-298.

Schlimme, D. V. and Rooney, M. L, 1994, Packaging of minimally processed fruits and vegetables. In: Chapman and Hell, *Incorporated*, 135-182.

Silva, F. J. P., Gomes, M. H. and Almedia, D. S. F, 2008, Antioxidant properties and fruit quality during long term storage of: Rocha" pear. *Journal of Food Quality*, 33, 1-20.

Soleimani Aghdam, M., Yousefpour, A. and Hassanpour, H, 2013, Enhancement of antioxidant capacity of cornelian cherry fruit by postharvest calcium treatment. *Scientia Horticulture*, 161, 160-164.

Van, F. and Clijsters, H, 1990, Biotechnology for the production of secondary metabolites. Plant Cell. Environ, 13, 195-206.

Watada, A. E., and Qi, L, 1999, Quality of fresh-cut produce. Postharvest. Biology and Technology, 15, 201-205.

William, S. C, 1994, Additives effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay maintaining quality in apple. *American Society for Horticulture Science*, 119, 49-53.

Whitaker, J. R, 1994, Polyphenol oxidase. In Principles of enzymology for the food science. Marcel Dakker Inc. pp, 543-555.

White, P. J. and Broadley, M. R, 2003, Calcium in plants. Annual Botany. 92, 487-511.

Wu-Ming, Ch. Chen, H. and Chin, Sh, 1999, Effect of different storage temperatures changes of fruit composition of sugar apple cv.Annova. *Journal of Food Preservation science*. 25, 149-154.

Zhau, A. and Zisheng, T, 2008, Effect of chitosan coating with nano CaCo3 on postharvest quality and physiology of loquat fruits. *Food Science and Nutrition*, 34(4), 142-145.

Youwei, Y., Zhang, Sh., Hui, L. and Jinhua, D, 2012, Jujube preservation using chitosan film with nano silicon dioxide. *Journal of Food Engineering*, 113, 408-414.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 1, Apr. May. 2017, p. 155- 166

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۶ ص.۱۶۶-۱۵۵

Postharvest application of calcium carbonate nanoparticles on enzyme activity and some attributes quality in fresh cut apples varieties Golden Delicious

M. R. Asghari[1*], R. Jami[2], A. R. Farokhzad[3]

Received: 2015.03.09
Accepted: 2015.08.19

Introduction: Nowadays, due to mechanization of life, consumers need of food which they spent little time for preparation, So Fresh cut industry is growing rapidly in the world. These products had strong growth since 1940, and in 2013, most sales of fresh cut fruit related to apples, against 21.8 percent. Minimal processing operations include grading, washing, sorting, slicing, chopping and then packaging of fruit or vegetables. Since these operations result in quality loss, due to water loss, softening, microbial contamination, increased respiration, ethylene and tissue browning. To extend the shelf life of fresh cut fruit, some effective techniques including, low temperature, modified atmosphere packaging, nanotechnology and coating have been applied. Nowadays, edible coatings are used for fresh cut fruits to reduce respiration and control physiological changes. Nano-scale ingredients lead to increase surface to volume ratio so increases the activity of the particles and their impact, the other hand use of calcium compounds in the fruit can be caused strength of the cell wall and bridges between pectin polymers in cell wall and cell membrane so the activity of digestive enzymes decreases.

Materials and methods: Golden delicious apples were selected for uniform size and appearance in a commercial orchard in Urmia. Fruit disinfected with disinfectant solutions for 10 min. half of the apples in the laboratory before cutting were immersed in nano calcium carbonate solution at concentrations of 0, 0.1, 0.2, and 0.4 % for 4 min and the other half of the fruit after cutting treated with the same concentrations of nano calcium carbonate for 2 minutes. Control fruit were treated with distilled water. Fresh cut were dried at 20 °C for 15 minutes and placed in plastic containers (8 slices per a dish), In Refrigerator equipment at 1±0.5°C and relative humidity 90-95% for 20 days.

Results and discussion: Fresh cut apples coated with nano calcium carbonate reduced the enzyme activities. So that in treated samples compared to control samples polyphenol oxidase activity was reduced. Also, antioxidant activity and catalase levels were higher than the treated fruit during storage. As a result, fresh cut apples coated with nano calcium carbonate can be used as an easy way to increase the shelf life of apples in cold storage.

Keywords: Apple, nano calcium carbonate, fresh-cut fruit, coating, enzyme activity.

1, 2 and 3. Professor, Former MSc student and Assistant Professor, Department of Horticulture Science, Factually of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
(* corresponding Author Gmail: m.asghari@urmia.ac.ir)